



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN
ALIMENTADOR DE TUBERÍA PARA TORNOS
CNC EN LA COMPAÑÍA INSEPECA CIA. LTDA.”**

DARWIN STALIN AYALA GAIBOR

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO**

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Septiembre, 16 de 2010

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

DARWIN STALIN AYALA GAIBOR

Titulada:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN ALIMENTADOR DE TUBERÍA PARA
TORNOS CNC EN LA COMPAÑÍA INSEPECA CIA. LTDA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Washington Ruales
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Juan de Dios Silva
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DARWIN STALIN AYALA GAIBOR

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DE UN ALIMENTADOR DE TUBERÍA PARA TORNO CNC EN LA COMPAÑÍA INSEPECA CIA. LTDA.”

Fecha de Examinación: Septiembre 16 del 2010

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING.GEOVANNY NOVILLO (Presidente Trib. Defensa)			
ING. WASHINGTON RUALES (Director de Tesis)			
ING. JUAN DE DIOS SILVA (Asesor de Tesis)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Darwin Stalin Ayala Gaibor

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento más sincero a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería por brindarme la oportunidad de culminar con éxito mi meta fijada.

También a mi director de tesis Ing. Washington Rúales, quien colaboró desinteresadamente para la realización de este trabajo, así mismo para mi asesor Ing. Juan de Dios Silva por su valiosa colaboración.

Al Ing. Walter Cabrera por haberme brindado la oportunidad de pertenecer a la familia INSEPECA CIA. LTDA.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para la culminar con éxito una etapa más de mi vida.

Darwin Stalin Ayala Gaibor

DEDICATORIA

A mi Dios por haberme iluminado el camino a seguir.

A mis Padres Abad y Mariana por haberme guiado por ese camino, y además brindarme ese amor de padres.

A mis abuelitos paternos Bolívar y Electra, por ser el soporte familiar.

+ A mi abuelita materna María que siempre me dio confianza y ejemplo de superación, y creyó en mí.

A mis queridos Hermanos Danilo y Deyvi que son los pilares que equilibran mi vida.

A don Alejandro Moreira y Janeth Meza, que han sido como unos padres para mí y siempre me alentaron a seguir adelante y superarme en mi carrera.

A mis grandes amigos Fidel y José, que me supieron acompañar durante toda mi carrera en las buenas y en las malas.

A mis tíos, primos y toda mi familia que de una u otra forma me apoyo incondicionalmente.

A todas y cada una de las personas con quienes compartí esta etapa de mi vida.

Que Dios les pague, por todo gracias.

*“Somos arquitectos de nuestro destino. Somos líderes de nuestra alma
ayer fui, hoy soy, mañana seré el mejor.”*

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 MATRIZ MORFOLÓGICA.....	12
2.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	16
2.3 EVALUACIÓN TÉCNICA.....	16
2.4 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA.....	16
3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD DE PODER.....	65
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO HIDRÁULICO.....	65
3.3 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR HIDRÁULICO.....	66
3.4 CARACTERÍSTICAS DE LA VÁLVULA DE FLUJO.....	66
3.5 CARACTERÍSTICAS DEL DIVISOR DE FLUJO.....	67
CARACTERÍSTICAS DE VÁLVULA CHECK DOBLEMENTE	
3.6 PILOTADA.....	67
3.7 CARACTERÍSTICAS DE LA VÁLVULA DIRECCIONAL.....	68
3.8 CARACTERÍSTICAS DE LA BOTONERA.....	69
3.9 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL LAMIGAMID.....	69
3.10 CARACTERÍSTICAS DEL PLC.....	70
3.11 CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR.....	71
3.12 CARACTERÍSTICAS DEL RELÉ.....	71
3.13 CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN.....	72
3.14 CARACTERÍSTICAS DEL CONTACTOR.....	73
3.15 CARACTERÍSTICAS DEL FINAL DE CARRERA.....	73
4.1 PARTES CONSTITUTIVAS DEL ALIMENTADOR DE TUBERÍA.....	79
OPERACIONES TECNOLÓGICAS EJECUTADAS EN LA	
4.2 CONSTRUCCIÓN DEL ALIMENTADOR DE TUBERÍA.....	82
LISTA DE COSTOS DE MATERIALES UTILIZADOS EN EL ALIMENTADOR DE	
4.3 TUBERÍA.....	88
4.4 COSTOS POR MANO DE OBRA.....	89
4.5 COSTOS DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	89
4.6 COSTOS DIRECTOS.....	90
4.7 COSTOS INDIRECTOS.....	90
5.1 PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	96
6.1 VALORES DE TEMPERATURA.....	102
6.2 VALORES ELÉCTRICOS DEL SISTEMA HIDRÁULICO.....	106
6.3 ACOMETIDA HIDRÁULICA.....	107
6.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ALIMENTADOR.....	108
6.5 RANGO DE VALORES PARA RÉGIMEN DE TRABAJO.....	113
6.6 INCONVENIENTES CAUSAS Y POSIBLES SOLUCIONES.....	115
6.7 MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	116

6.8	MANUAL DE USO DEL ALIMENTADOR.....	117
------------	---	------------

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
1.1 Procedimiento normal de alimentación de tubería a los tornos.....	3
2.1 Abstracción de caja negra.....	9
2.2 Propuestas de estructuras de función.....	11
2.3 Prototipo 1.....	13
2.4 Prototipo 2.....	14
2.5 Prototipo 3.....	15
2.6 Gráfica técnico económica.....	17
2.7 Esquema de la máquina.....	18
3.1 Bosquejo del chasis.....	22
3.2 Cargas aplicadas en la parte superior del chasis.....	23
3.3 Cargas aplicadas en la parte intermedia de los apoyos del chasis.....	24
3.4 Carga aplicada en la parte trasera del chasis.....	24
3.5 Diagramas de momentos en SAP de las cargas aplicadas en la parte inferior del chasis.....	25
3.6 Diagramas de momentos de las cargas aplicadas en la parte superior del chasis.....	25
3.7 Vista isométrica del empotramiento del chasis.....	26
3.8 Visualización lateral de nodos de las cargas aplicadas.....	26
3.9 Estado tensional del chasis visualizado a través de código de colores correspondiente a las razones de esfuerzo.....	27
3.10 Especificaciones generales en SAP del perfil.....	28
3.11 Chasis en estado deformado.....	28
3.12 Simulación de la deformación en SAP vista lateral.....	29
3.13 Bosquejo del sistema de levantamiento de la tubería.....	30
3.14 Paleta de levantamiento de tubería.....	30
3.15 Validación de resultados del diseño de la paleta.....	31
3.16 Bosquejo del rodillo motriz.....	32
3.17 Eje motriz.....	32
3.18 Diagramas de cortante y momentos del eje motriz.....	33
3.19 Diagrama de esfuerzo fluctuante del eje motriz.....	33
3.20 Diagrama de torque constante del eje motriz.....	34
3.21 Validación de resultados diseño del eje rodillo motriz.....	36
3.22 Bosquejo del rodillo loco.....	37
3.23 Eje del rodillo loco.....	37
3.24 Diagrama de cortante y momento del eje de rodillo loco.....	38
3.25 Diagrama de esfuerzo fluctuante del eje del rodillo loco.....	38
3.26 Validación de resultados del diseño del eje del rodillo loco.....	40

3.27	Bosquejo del conjunto de transportación.....	41
3.28	Eje soporte para rodillo.....	41
3.29	Diagrama de cortante y momentos de eje soporte para rodillo xy.....	42
3.30	Diagrama de cortante y momentos de eje soporte para rodillo xz.....	42
3.31	Diagrama de esfuerzo fluctuante del eje soporte para rodillo.....	43
3.32	Diagrama de torque constante del eje soporte para rodillo.....	44
3.33	Validación de resultados del diseño del eje base del soporte de rodillo.....	46
3.34	Bosquejo del rodillo de nivelación.....	47
3.35	Eje para rodillo de nivelación.....	47
3.36	Diagrama de cortante y momento del eje para rodillo de nivelación.....	47
3.37	Diagrama de cortante y momentos del eje para rodillo de nivelación.....	48
3.38	Diagrama de esfuerzo fluctuante del eje para rodillo de nivelación.....	48
3.39	Validación de resultados del diseño del eje de rodillos de nivelación.....	50
3.40	Manifold diseñado para conexión en serie.....	51
3.41	Datos del rodamiento de la chumacera.....	52
3.42	Bosquejo de mecanismo.....	55
3.43	Simulación de movimiento mecanismo punto partida isometría.....	56
3.44	Simulación de movimiento mecanismo punto partida vista lateral.....	57
3.45	Simulación de movimiento mecanismo punto llegada isometría.....	57
3.46	Simulación de movimiento mecanismo punto llegada vista lateral.....	58
3.47	Simulación de movimiento mecanismo punto partida isometría.....	58
3.48	Simulación de movimiento mecanismo punto partida vista lateral.....	59
3.49	Simulación de movimiento mecanismo punto llegada isometría.....	59
3.50	Simulación de movimiento mecanismo punto llegada vista lateral.....	60
3.51	Simulación de movimiento mesa de nivelación punto partida isometría...	60
3.52	Simulación de movimiento mesa de nivelación punto partida vista lateral	61
3.53	Simulación de movimiento mesa de nivelación punto llegada isometría...	61
3.54	Simulación de movimiento mesa de nivelación punto llegada vista lateral	62
3.55	Vista isométrica en modo alámbrico del alimentador.....	63
3.56	Vista isométrica en modo real del alimentador.....	64
3.57	Determinación de las propiedades físicas del alimentador.....	64
5.1	Estructura básica de un micro controlador.....	92
5.2	Variadores con disipador frecuencia de 0 a 200 Hz.....	94
5.3	Estructura del plc.....	94
5.4	Plc logo 230RC.....	96
5.5	Diagrama de funcionamiento del plc.....	97
5.6	Circuito hidráulico del alimentador.....	99
5.7	Circuito eléctrico del sistema hidráulico.....	100
6.1	Diagrama temperatura vs tiempo.....	102
6.2	Diagrama de la velocidad de ingreso de tubería.....	104

6.3	Diagrama de la velocidad de salida de tubería.....	105
6.4	Diagrama db vs tiempo.....	106
6.5	Imagenaérea de la ciudad del coca.....	111
6.6	Imagen satelital del campamento INSEPECA Cia. Ltda.....	111

LISTA DE ABREVIACIONES

Símbolo	Definición	Unidades
CNC	Control Numérico por Computadora	
API	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)	
ASTM	American Society for Testing Materials (Sociedad americana para los materiales de prueba)	
AISI	American Iron and Steel Institute (Instituto americano del hierro y del acero)	
SAE	Sociedad American de Ingenieros (Society American Engener)	
INEN	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización	
Pi	Puntaje Ideal	
Tubing	Tubería de producción	
Casing	Tubería de revestimiento	
Drill Pipe	Tubería de perforación	
Heavy Weight	Tubería de peso	
Drill Collar	Tubería de peso	
P_{TT}	Peso total de la tubería	
MH	Máquina Herramienta	
Kg	Kilogramo	
U	Unidad	
ft	Foot (pie)	
m	Metro	
Gal	Galón	
FAG	Equipos y Servicios de Montaje y Mantenimiento para Rodamientos.	

LISTA DE SÍMBOLOS

Σ_M	Sumatoria de Momentos en un punto	lb-in
Σ_F	Sumatoria de Fuerzas en el cuerpo	lb
R_A, R_B	Reacciones en los apoyos	lb
M_1, M_2	Momentos producidos por las fuerzas	lb-in
A	Área	in ²
I	Inercia	In ⁴
C	Radio de giro	in
σ	Esfuerzo de flexión	lb/ in ²
τ	Esfuerzo cortante	lb/ in ²
σ_{eq}	Esfuerzo equivalente	lb/ in ²
S_y	Límite de fluencia	lb/ in ²
S_{ut}	Resistencia última a la tensión	lb/ in ²
S_e	Límite de fatiga	lb/ in ²
n	Factor de Seguridad	
v	Fuerza Cortante	lb
D	Diámetro exterior	in
t	Espesor	in
d	diámetro interior	in
F	Fuerza	lb
V	Velocidad lineal	m/s
v_m	Velocidad media	m/s
ω	Velocidad angular	rad/s
P	Potencia	HP
T	Torque	lb-in
r	Radio	in
V	Volumen	in ³
P_o	Carga estática equivalente	KN
F_a	Carga axial	KN
F_r	Carga radial	KN
f_s	Factor de esfuerzo estático	

f_l	Factor de esfuerzo dinámico	
C	Capacidad de carga dinámica	KN
P	Carga dinámica equivalente	KN
f_n	Factor de velocidad	
Co	Capacidad de carga estática	KN
X_o	Factor radial	
Y_o	Factor axial	
k_i	Factor de corrección	
k_a	Factor de superficie	
k_d	Factor de temperatura	
k_g	Factor de corrosión	
k_c	Factor de confiabilidad	
k_g	Factor de temperatura	
k_e	Factor de de modificación por concentración de esfuerzos	
k_t	Factor de concentración de esfuerzos	
q	Factor de sensibilidad	
N	Número de revoluciones	RPM

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1:	Tablas de los peso del Tubing y Casing
ANEXO 2:	Tablas de los pesos de Drill Pipe, Heavy Weight y Drill Collars
ANEXO 3:	Características del perfil para chasis
ANEXO 4:	Características de plancha de acero
ANEXO 5:	Características de los ejes para rodillos
ANEXO 6:	Diagramas para factores teóricos de concentración de esfuerzo
ANEXO 7:	Diagramas de sensibilidad a las ranuras
ANEXO 8:	Tablas para selección de rodamientos
ANEXO 9:	Características del material para camisa de bocines
ANEXO 10 :	Características del material para bocines
ANEXO 11:	Características del material para guías de mesas deslizantes
ANEXO 12:	Características del material para rodillos de nivelación de tubería
ANEXO 13:	Características del motor hidráulico
ANEXO 14:	Características de los accesorios hidráulicos
ANEXO 15:	Características de las electroválvulas
ANEXO 16:	Características del sistema hidráulico o (Power Unit)
ANEXO 17:	Características de los cilindros hidráulicos
ANEXO 18:	Características de las válvulas de alivio
ANEXO 19:	Características de la soldadura
ANEXO 20:	Características de los gases
ANEXO 21:	Características de la botonera

SUMARIO

El trabajo que se expone a continuación, es un compendio de todo el proceso de diseño, seguido para la obtención de un sistema mecánico (Alimentador de Tubería para Tornos CNC). Se muestra el camino recorrido, iniciando con la ubicación de la necesidad, el proceso seguido para la solución del problema hasta la consecución de la respuesta adecuada a la necesidad. El diseño del sistema de alimentación, tendrá como lineamiento principal, la búsqueda de la simplicidad del producto, manteniendo como objetivo principal la obtención de un equipo mecánico, el cual pueda satisfacer la necesidad planteada, ser asimilada con facilidad y conseguir un mejor rendimiento del sistema de alimentación de tubería.

La propuesta aquí presentada, busca impulsar la implementación y utilización de la tecnología mejorada aplicada en los procesos productivos empleados en la actualidad en el sector petrolero. Empleando herramientas computacionales, programas comerciales como el AUTOCAD, SOLIDWORKS permiten al ingeniero realizar cálculos, análisis y diseños de estructuras de máquinas. Con la implementación de nuevas tecnologías, perseguimos el mejorar las condiciones de trabajo en todos los sectores, impulsando su producción y consecuentemente su desarrollo.

SUMARY

The work that is following exposed, is a summary of all the process of design, it is followed to obtain a mechanical system (Feeder of tubing for lathes CNC). It shows the long way, beginning with the need placement, the previous process to solve the problem until the obtaining of the accurate response to the need. The design of the system of feed supply will have like principal requirement, the researching of the simplicity of the product, keeping as main objective to obtain mechanical equipment, which enable to satisfy the proposed need, to be assimilated and get a better performance of the system of the tubing feeder.

The proposal here showed, search to promote the implementation and usage of the improved applied technology in the productive processes used nowadays in the oil area. Using computation tools, commercial programs such as AUTOCAD, SOLIDWORKS, enable to the Engineer to carries out calculations, analysis and design of machine structures. With the implementation of new technologies, we are pursuing to improve the work conditions in all the areas, fiving a boost to its production and consequently its development.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

INSEPECA Cía. Ltda, “SERVICIOS E INSPECCIONES CABRERA” Empresa dedicada a la inspección, fabricación, mantenimiento, arrendamiento y comercialización de herramientas usadas en la industria petrolera, con una trayectoria de 15 años tiene un compromiso de alcanzar con eficiencia y eficacia la satisfacción de sus clientes basado en el cumplimiento de los requerimientos establecidos por el Sistema Integral de Gestión de Calidad, Salud y seguridad Ocupacional, lo cual le permite cumplir sus objetivos aplicando conocimientos tecnológicos modernos y garantizando la Salud y Seguridad Ocupacional de todos sus colaboradores, y en atención de aspectos relevantes como:

Mejoramiento continuo de los procesos del Sistema Integral de Gestión de Calidad, Salud y Seguridad Ocupacional.

Establecimiento y seguimiento de sus objetivos y metas organizacionales con la periodicidad determinada.

Cumplir la legislación relativa a los productos y servicios prestados como la Salud y Seguridad Ocupacional relacionados a sus actividades desarrolladas.

Identificación, evaluación y control de los riesgos de Salud y Seguridad Ocupacional para prevenir la ocurrencia de accidentes ocupacionales. Capacitación integral para garantizar la competencia del personal en las actividades que son parte del Sistema Integral de Gestión de Calidad, Salud y Seguridad Ocupacional.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar, construir y evaluar un sistema de alimentación semiautomático de tubería de perforación y mantenimiento de pozos petroleros, para tornos CNC.

1.2.2 Objetivos específicos

- Implementar una metodología de diseño para la selección correcta del sistema alimentador de tubería para Tornos CNC.
- Determinar los parámetros de diseño del Alimentador de Tubería para Tornos CNC (ATT-CNC).
- Calcular y seleccionar adecuadamente los diversos elementos mecánicos del (ATT-CNC) para que cumplan los requerimientos de diseño.
- Dimensionar el (ATT-CNC) de tal forma que se adapte a las necesidades de servicio dentro de la compañía.
- Diseñar los sistemas de control, para la automatización de la máquina.
- Determinar la fiabilidad, costos y mantenimiento del sistema.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación técnica

Dentro del proceso de mejoramiento de la calidad de los servicios que INSEPECA presta al sector petrolero se ha proyectado implementar un área con tornos CNC, el cual ayudara a optimizar los tiempos de construcción y reparación de herramientas para perforación, para lo cual se requiere de un proceso de alimentación semiautomática de la tubería hacia los tornos CNC.

En la actualidad dentro de las instalaciones de INSEPECA, la alimentación de la tubería, que requiere ser reparada se la realiza de forma manual con la ayuda de una persona que por medio de un puente grúa levanta los diferente tipos de tubería que la compañía repara, trabajo que se debe realizar con sumo cuidado para evitar algún tipo de incidentes en el cual salga lastimado el operario, o a su vez exista daños en la tubería transportada, ver Figura 1.1.



Figura1.1 Procedimiento normal de alimentación de tubería a los tornos

El diseño y construcción del Alimentador de Tubería para Torno CNC (ATT-CNC), está pensado en facilitar las actividades repetitivas y laboriosas que se realizan en el área de taller de Tornos en cuanto a la alimentación de tubería se refiere, remplazando la alimentación manual de la tubería, en un proceso semiautomático. La tubería y herramientas que se elaboran y reparan son el Tubing, Casing, Drill Pipe, Heavy Weigthy Drill Collar, entre otros, los mismos que varían en sus dimensiones y pesos. El (ATT-CNC) es un elemento mecánico que permite al operador del torno manipular desde su puesto de trabajo el ingreso de la tubería hacia el torno y así realizar

los diferentes procesos que requiera dicha tubería, de esta manera se aumentará la producción significativamente.

1.3.2 Justificación económica

El proceso de alimentación de tubería es un proceso el cual requiere de un tiempo mínimo de 3 minutos o más, de acuerdo al tipo de tubería que vaya a ser reparada tiempo que se desea optimizar con la construcción del alimentador de tubería, ya que esto ayuda significativamente a la alimentación de tubería hacia los tornos CNC, así no se requerirá de una persona que realice este proceso, ni de la instalación de un puente grúa para realizar este trabajo, de esta manera la inversión para realizar dicho proceso de alimentación se reduce y los riesgos de que ocurra un accidente disminuyen, razones por la cual se opta por la construcción del Alimentador de Tubería para Tornos CNC.

CAPÍTULO II

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.1 Descripción del problema

La investigación y recopilación de datos de campo empleados para el diseño del alimentador de tubería para los tornos CNC, fueron obtenidas en la provincia de Orellana en la ciudad del Coca, ciudad que tiene como principal actividad económica la explotación de pozos petroleros.

La perforación de pozos petroleros, requiere de tubería de perforación, revestimiento y producción, la cual debe ser reparada o reconstruida cada vez que realiza las operaciones de perforación y extracción de petróleo. La construcción y reparación de roscas de las tuberías antes mencionadas, es de vital importancia ya que de esto depende, la buena operación de perforación y extracción del crudo.

La alimentación de tubería hacia los tornos CNC, consiste en tener un dispositivo mecánico que realice este proceso sin la intervención de una persona durante la operación de ingreso de tubería a los tornos. Es así que se tiene un área destinada para la ubicación de 2 Tornos CNC, la cual requiere del ingreso semiautomático y/o automático de tubería para así poder realizar los diferentes trabajos de mecanizado.

Los Tornos CNC, que la Compañía INSEPECA posee están ubicados estratégicamente para que la alimentación de la tubería sea fácil y rápida. La distancia que tiene cada torno desde el piso al centro del mandril es de 1250 mm y está a 850 mm alejado de pared, la distancia entre mandril y mandril es de 1445 mm, en la pared se encuentra un abertura cuadrada de (500×500) mm por el cual se hará ingresar a la tubería. Se desea diseñar un dispositivo mecánico el cual permita ingresar a la tubería por mencionada abertura y se desplace hasta llegar a la parte final del mandril para que

así tenga contacto con el portaherramientas del torno, de esta manera poder realizar los trabajos de mecanizado, cabe recalcar que las tuberías con las cuales se va a trabajar son el TUBING, CASING, DRILL PIPE, HEAVY WEIGHT y DRILL COLLAR.

2.2 Metodología de diseño

Lista de deseos (D) y exigencias (E)

2.2.1 Funciones

La máquina debe trasladar tubería entre (9 -15)m de largo aproximadamente. (E)

La máquina debe trasladar tubería entre (124 - 4665) lb de peso aproximadamente. (E)

La máquina debe mover tubería entre (2 3/8-8)pulg de diámetro aproximadamente. (E)

La máquina debe mantener en equilibrio la tubería durante el proceso de mecanizado. (E)

La máquina debe realizar alimentación de tubería de manera automática. (E)

La máquina debe ser ajustable a las distintas tuberías. (E)

2.2.2 Energía

La energía para el proceso será producida por un sistema eléctrico y oleo neumático. (E)

Se debe controlar el consumo de energía mientras el equipo realiza el proceso de mecanizado. (E)

Requerir de una persona para la alimentación de la tubería. (D)

Minimizar la pérdida de energía por fricción. (D)

2.2.3 Seguridad

La máquina irá acompañada de las correspondientes instrucciones de montaje, uso y mantenimiento, así como de las medidas preventivas de accidentes. (E)

Evitar el ingreso de elementos perjudiciales al sistema de alimentación. (E)

Cuando existan partes de la máquina cuya pérdida de sujeción pueda dar lugar a Peligros, deberán tomarse precauciones adicionales para evitar que dichas partes puedan incidir sobre las personas. (E)

La máquina tendrá un nivel de seguridad suficiente, a fin de preservar a las personas ya los bienes de los riesgos derivados de la instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación de las máquinas. (D)

2.2.4 Ergonomía

La transferencia de energía Hombre-Máquina, no debe causar fatiga extrema en el operador. (E)

Los movimientos exigidos por el proceso no deben producir lesión alguna en la persona. (E)

No tener efecto contaminante sobre medio ambiente. (E)

El acceso a los distintos elementos de la máquina deberá ser cómodo, para las operaciones de mantenimiento, montaje y desmontaje. (D)

La posición del equipo, controles y banco de trabajo, deben permitir una postura satisfactoria y un control correcto mediante las manos. (D)

El período de entrenamiento para el uso adecuado de la máquina debe ser mínimo. (D)

El operador puede ser sustituido total o parcialmente por otra persona. (D)

2.2.5 Fabricación

La máquina deberá ser de fácil ensamblaje y anclaje. (E)

Para evitar la pérdida de estabilidad de la máquina, especialmente durante su funcionamiento normal, se tomarán las medidas técnicas adecuadas. (E)

Los materiales se seleccionarán de acuerdo a las exigencias de resistencia y calidad. (E)

La máquina deberá tener buena estabilidad y rigidez. (E)

Los elementos de la máquina deben resistir los diversos esfuerzos que se presenten durante el proceso. (E)

La transmisión de las fuerzas se realizará por medio de sistemas mecánicos (E)

La máquina deberá ser de fácil ensamblaje y anclaje. (E)

Las piezas que formen parte de la máquina, serán de formas sencillas y de fácil manufactura. (D)

Los materiales utilizados deben encontrarse disponibles en el mercado nacional. (D)

Los componentes de la máquina deben permitir un embalaje en espacio reducido. (D)

Los elementos móviles de la máquina y de los aparatos utilizados para la transmisión de energía o movimiento deben concebirse, construirse y protegerse de forma que prevengan todo peligro de contacto que pueda originar accidentes. (D)

2.2.6 Señales

La máquina deberá contar con señales sonoras y/o visibles para indicar que la máquina se encuentra funcionando. (D)

La máquina deberá contar con señales visibles en las partes móviles para evitar accidentes. (D)

2.2.7 Control

Se deberá verificar la calidad de los materiales empleado para la fabricación de los elementos de la máquina. (E)

Los niveles de ruido producido por la máquina no serán muy elevados. (D)

2.2.8 Funcionamiento

La puesta en marcha de la máquina solo será posible cuando estén garantizadas las condiciones de seguridad para las personas que operen la máquina. (E)

No generar ruidos molestos para el operador. (E)

2.2.9 Mantenimiento

Los elementos deberán contar con un sistema de lubricación adecuado. (E)

Las piezas deben ser fácilmente reemplazadas y deben encontrarse en stock en el mercado nacional. (E)

Contar con un programa de mantenimiento preventivo. (D)

La máquina deberá estar diseñada para que las operaciones de verificación, reglaje, regulación, engrase y limpieza se puedan efectuar desde lugares fácilmente accesibles, y sin necesidad de eliminar los sistemas de protección. (D)

2.3 Estructura de funciones



Figura2.1 Abstracción de caja negra

2.3.1 Entradas

Materia:	Tubería de producción, revestimiento y perforación.
Energía:	Para mover y dar ubicación a la tubería que se va a reparar.
Señales:	Activada al dar inicio al funcionamiento de la máquina.

2.3.2 Salidas

Materia:	Tubería construida o reparada.
Energía:	Ruido Vibraciones y calor.
Señales:	Que indiquen que la máquina está funcionando.

La secuencia de operaciones empezara con posicionar en el alimentador, tubería comprendida entre 9 y 15m y pesos entre 124 a 4665lb por ciclo, luego se iniciará el funcionamiento del alimentador ingresando la tubería hacia los tornos CNC, después de esto se conseguirá la salida de la tubería hacia los racks para su estampado y número de serie.

Los procesos técnicos necesarios para la reparación de la tubería será ejecutado por el operador de los tornos CNC, el alimentador debe cumplir con los deseos y exigencias planteadas, hasta la culminación del trabajo para finalmente verificar la calidad de la confección de las roscas realizadas.

2.3.3 Aplicaciones de los sistemas técnicos y sus limitaciones

Para realizar el ingreso de la tubería hacia los tornos, partimos de la utilización de energía humana. En busca de conseguir dicho fin emplearemos mecanismos, los que serán evaluados para seleccionar el más apropiado para el cumplimiento de dicho fin.

Desde el punto de vista energético, la fuente que se tiene prevista a utilizar en la máquina, es bastante ínfima, es por esto la necesidad de emplear mecanismos de transmisión bastante sencillos, para aprovechar mejor la energía entregada.



Figura 2.2 Propuestas de estructuras de función

2.4 Matriz morfológica

La matriz morfológica no es más que un compendio de los sistemas que comprenden todo el mecanismo de traslación, rotación, levantamiento y descarga del alimentador de tubería, todo el funcionamiento del alimentador de tubería se plantea en la siguiente tabla.

TABLA 2.1 MATRIZ MORFOLÓGICA

1	SISTEMA DE ALIMENTACION DE TUBERIA				
1.1	Transportación de tubería hacia el alimentador.	Gravedad	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
1.2	Rotación de tubería hacia el alimentador.	Gravedad	Manual	Eléctrica	Hidráulica
1.3	Alimentación de la tubería a los tornos CNC.	Gravedad	Manual	Eléctrica	Hidráulica
2	SISTEMA DE LEVANTAMIENTO DE TUBERIA				
2.1	Levantamiento de la tubería para ingresar a los tornos CNC.	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
2.2	Centrado de tubería para el ingreso a los tornos CNC	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
2.3	Nivelación de tubería para el proceso de mecanizado.	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
3	SISTEMA DE IMPULSION				
3.1	Energía motriz	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
3.2	Mecanismo motriz	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
3.3	Mecanismo de transmisión	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
4	SISTEMA DE TRANSPORTACION				
4.1	Desplazamiento vertical de la tubería.	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
4.2	Desplazamiento horizontal de la tubería a los tornos CNC.	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
4.3	Traslación de la tubería ya mecanizada.	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
5	SISTEMA DE EXPULSION DEL PRODUCTO				
5.1	Salida de la tubería de los tornos CNC.	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
5.2	Descarga de la tubería hacia el exterior.	Manual	Mecánica	Eléctrica	Hidráulica
		Opción 1	Opción 2		Opción 3

2.5 Concepto óptimo

2.5.1 Bosquejo y descripción de propuestas

Hecho un análisis con los supuestos, se elaboran los bosquejos de las propuestas dadas, para así conseguir una evaluación precisa sobre el alcance de cada uno de estos.

El prototipo 1 dispondrá de la tubería por medio de un montacargas, el cual ubicará dicha tubería en unos racks, de ahí por medio de un puente grúa se desplazara la tubería en los diferentes sentidos que sean necesarios para su ubicación y nivelación, la ubicación centrado y nivelación de la tubería se lo realizar de manear manual, una persona encargada estará realizando todas las ubicaciones correspondientes para así ingresar la tubería a los tornos para su reparación.

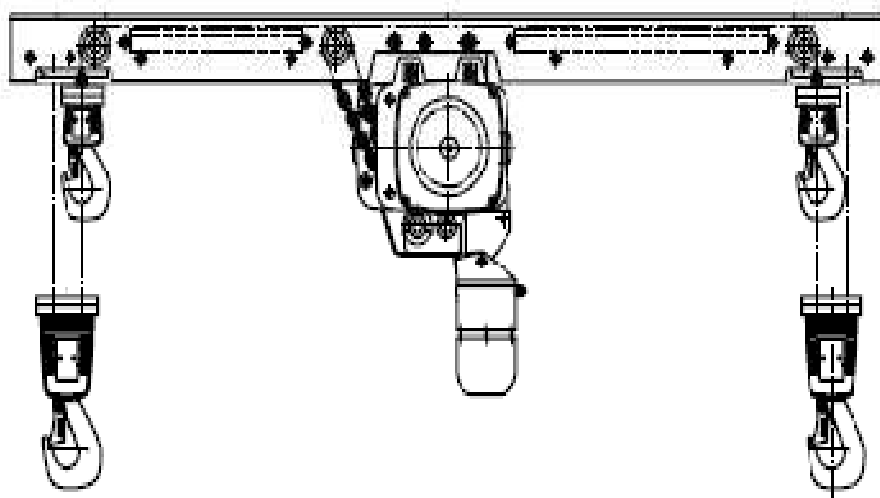


Figura 2.3 Prototipo 1

El prototipo 2 dispondrá de la tubería por medio de un montacargas, el cual ubicará dicha tubería en unos racks que poseen una inclinación de 12° , y que por gravedad llegaran al alimentador de tubería, por medio de unas levas y un sistema de transmisión por cadena adaptadas a un motor-reductor obtendremos el levantamiento de la tubería,

así mismo con unos rodillos adaptados con moto-reductores tendremos el desplazamiento de la tubería hacia los tornos CNC, los rodillos que mantendrán equilibrada la tubería para poder ser mecanizada también tendrá unas levas y un moto-reductor para poder levantar y mantener la tubería en equilibrio, el sistema será sincronizado por medio de finales de carrera y controlado por un PLC.

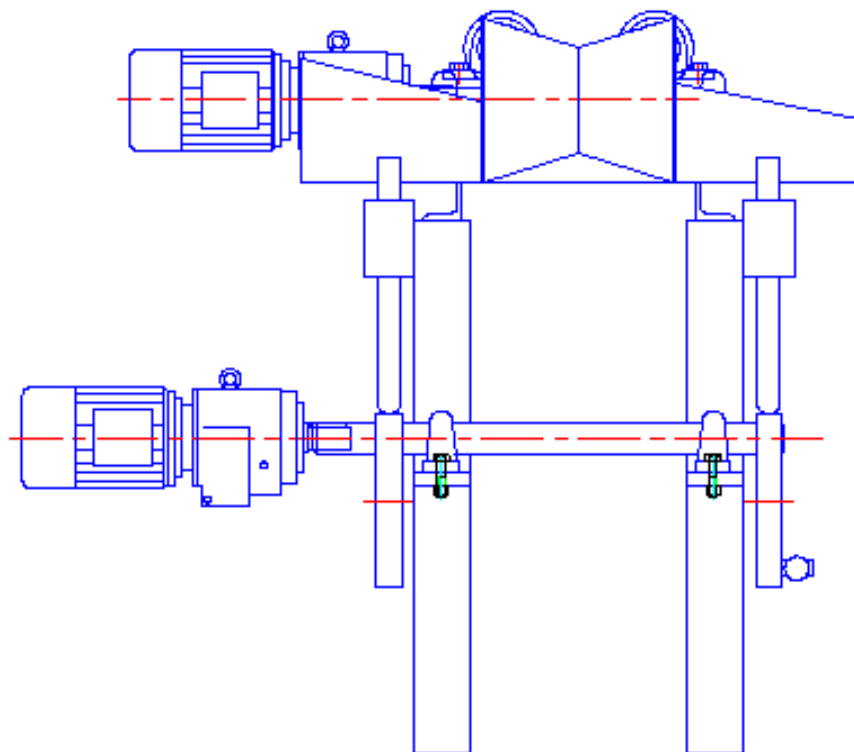


Figura 2.4 Prototipo 2

El prototipo 3 dispondrá de la tubería por medio de un montacargas, el cual ubicará dicha tubería en unos racks que poseen una inclinación de 12° , y que por gravedad llegaran al alimentador de tubería, por medio de un sistema hidráulico tendremos el levantamiento y el equilibrio de la tubería con cilindros hidráulicos la traslación de la tubería hacia los tornos CNC se lo realizará con unos rodillos adaptados a unos motores hidráulicos, el sistema será sincronizado por medio de finales de carrera y controlado por un PLC.

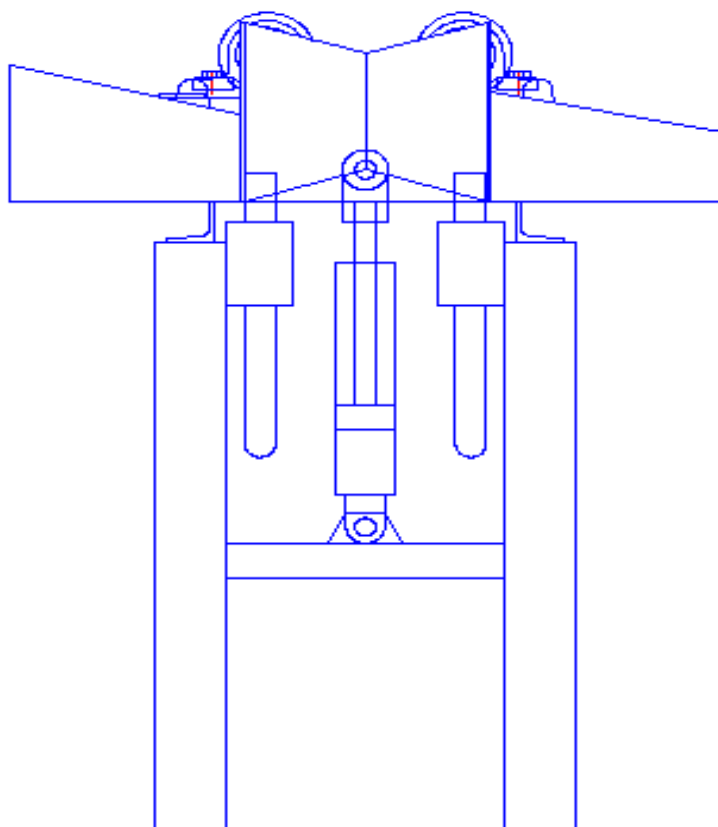


Figura 2.5 Prototipo 3

2.5.2 Evaluación técnico-económica de propuestas

Una vez que se tiene clara las propuestas planteadas, estas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista técnico y económico. Se indicaran diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignara un valor de (1 a 5), dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto en mención siendo 1 malo y 5 excelente.

A los puntos de comparación también se les asignara un peso (1 a 3), dependiendo de cuanta trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto, este peso será denominado como el factor de influencia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible.

TABLA 2.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Evaluación económica						
Puntos de evaluación		Factor de importancia (Fi)	Puntaje (Pi)			
			Opción 1	Opción 2	Opción 3	Proyecto ideal
1	Materiales	3	4	4	4	5
2	Fabricación	3	4	4	4	5
3	Operación	2	3	4	5	5
4	Mantenimiento	2	4	4	4	5
5	Producción	3	4	4	5	5
TOTAL = $\sum(F_i \times P_i)$			51	52	57	65
Coeficiente económico = P Total / Puntaje ideal			78%	80%	88%	100%

TABLA 2.3 EVALUACIÓN TÉCNICA

Evaluación técnica						
Puntos de evaluación		Factor de importancia (Fi)	Puntaje (Pi)			
			Opción 1	Opción 2	Opción 3	Proyecto ideal
1	Seguridad	3	3	4	5	5
2	Rendimiento	3	4	4	5	5
3	Costo de energía	3	4	4	4	5
4	Facilidad de fabricación	2	3	3	4	5
5	Ergonomía	2	4	4	5	5
6	Accesorios	2	3	3	4	5
7	Facilidad de manejo	1	3	3	5	5
8	Facilidad de montaje	1	3	3	3	5
9	Lubricación	1	4	4	4	5
10	Mantenimiento	1	4	4	4	5
11	Ruido	1	3	3	5	5
TOTAL = $\sum(F_i \times P_i)$			70	73	89	100
Coeficiente técnico = P Total / Puntaje ideal			70%	73%	89%	100%

TABLA 2.4 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA

	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Ideal
Coeficiente técnico	70%	73%	89%	100%
Coeficiente económico	78%	80%	88%	100%

2.5.3 Evaluación de propuestas

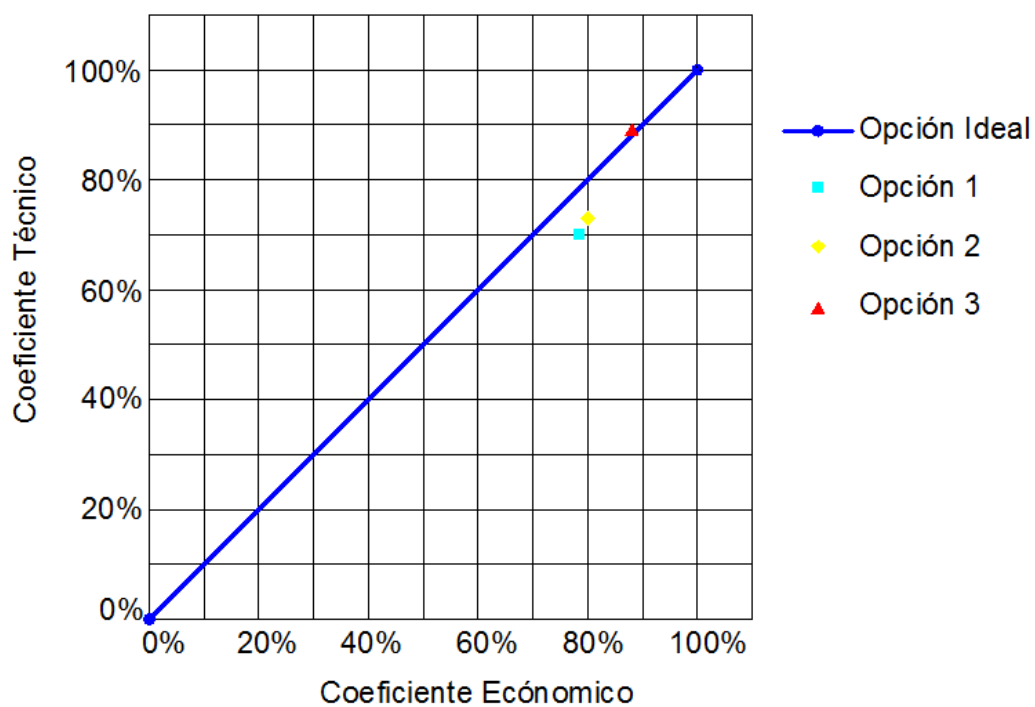


Figura 2.6 Gráficatécnico económica

La selección más adecuada será la opción que además de tener los coeficientes técnicos y económicos apropiados, mantenga un equilibrio entre estos. Por eso el proyecto indicado a desarrollar será basado en la **OPCIÓN 3**.

2.6 Esquema de la máquina

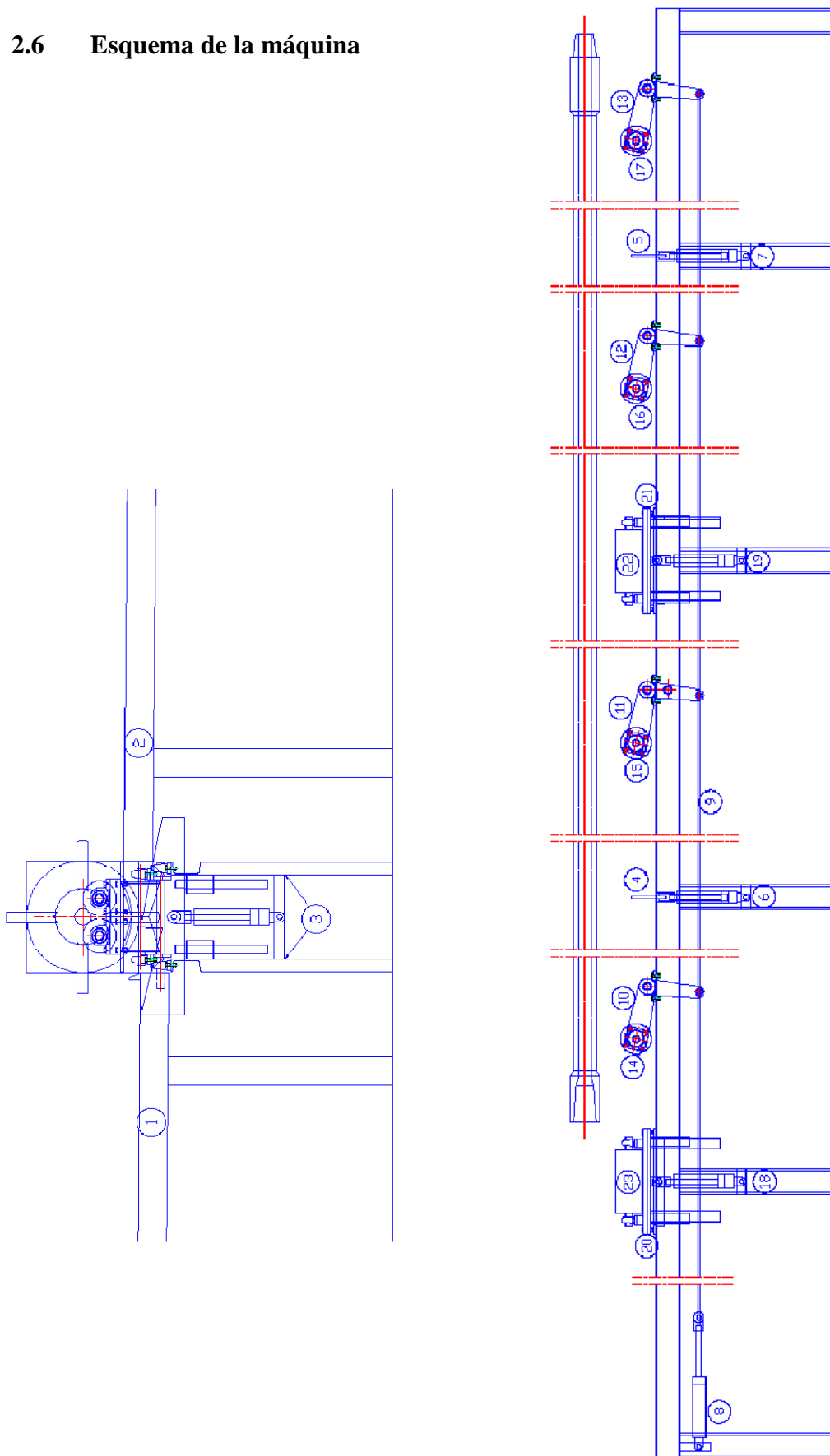


Figura 2.7 Esquema de la máquina

2.7 Descripción funcional de la máquina

A los rack de descarga (1,2); es donde llega la tubería ya lista para ser reparada, estos rack tiene una inclinación de 12° para que así la tubería rote por su propio peso hasta llegar a él alimentador (3); el alimentador posee unas paletas de levantamiento (4,5); que son accionadas por unos cilindros hidráulicos (6,7); las cuales elevan a la tubería, durante la elevación se va realizando el cambio de un tubo reparado por otro, por reparar para así alistarlo para el ingreso y/o salida del área de los tornos CNC, una vez realizado esto, un cilindro hidráulico (8); por medio de un cable acerado (9); acciona los brazos (10, 11, 12, 13); que sostienen a los rodillos de transportación (14, 15, 16, 17); los cuales movilizan hacia la parte interna del área donde se encuentra los tornos CNC, una vez que los brazos que sostiene los rodillos rota y se ponen en posición, se accionan los motores hidráulicos de alto torque que están unidos a los rodillos, entran en funcionamiento hacen su parte y ayudan al tubo a que ingrese de forma lineal hacia el mandril de los tornos CNC, realizado esto y la tubería está en la ubicación adecuada en el mandril del torno, unos nuevos cilindros (18, 19); salen para elevar unas mesas (20,21); donde se encuentran dos rodillos (22, 23); que ayudan a mantener a la tubería en equilibrio durante el proceso de mecanizado, hecho esto el cilindro que acciona los brazos soportes de los rodillos se acciona nuevamente para hacer descender a los brazos hasta el chasis donde reposaran hasta terminar el proceso de mecanizado. Realizado todo esto el proceso se repite nuevamente.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO, CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS

Para comenzar a realizar los cálculos de diseño para el alimentador de tubería, partimos de conocer el peso de la tubería que se va a transportar, sabiendo que en los tornos CNC tenemos un limitante en el diámetro del mandril de sujeción que es de 8 pulgadas.

Así realizamos un cálculo de cada una de las tuberías que se va a transportar en el alimentador, las cuales son Tubing, Casing, Drill Pipe, Heavy Weight y Drill Collar.

3.1 Cálculo del peso del tubing

Esta tubería tiene diámetros desde 2 3/8" hasta 4 1/2". [1]

$$P_{TT} = Weight \times Long$$

$$P_{TT} = 4 \frac{lb}{ft} \times 31ft = 124 lb \quad \text{Para la tubería de 2 3/8"}$$

$$P_{TT} = 12,75 \frac{lb}{ft} \times 31ft = 395,25 lb \quad \text{Para la tubería de 4 1/2"}$$

Ver **ANEXO 1** para los pesos de la tubería

3.2 Cálculo del peso del casing

Esta tubería tiene diámetros desde 4 1/2" hasta 20". [1]

$$P_{TT} = Weight \times Long$$

$$P_{TT} = 9,50 \frac{lb}{ft} \times 48ft = 456 lb \quad \text{Para la tubería de 4 1/2"}$$

$$P_{TT} = 26,40 \frac{lb}{ft} \times 48ft = 1267,2 lb \quad \text{Para la tubería de 7 5/8"}$$

Ver **ANEXO 1** para los pesos de la tubería

3.3 Cálculo del peso del drill pipe

Esta tubería tiene diámetros desde 2 3/8" hasta 7 5/8". [2]

$$P_{TT} = Weight \times Long$$

$$P_{TT} = 4,85 \frac{lb}{ft} \times 31ft = 150,35 lb \quad \text{Para la tubería de 2 3/8"}$$

$$P_{TT} = 29,25 \frac{lb}{ft} \times 31ft = 906,75 lb \quad \text{Para la tubería de 7 5/8"}$$

Ver **ANEXO 2** para los pesos de la tubería

3.4 Cálculo peso del heavy weighth

Esta tubería tiene diámetros desde 3 1/2" hasta 6 5/8". [2]

$$P_{TT} = Weight \times Long$$

$$P_{TT} = 25,30 \frac{lb}{ft} \times 31ft = 784,3 lb \quad \text{Para la tubería de 3 1/2"}$$

$$P_{TT} = 70,80 \frac{lb}{ft} \times 31ft = 2194,8 lb \quad \text{Para la tubería de 6 5/8"}$$

Ver **ANEXO 2** para los pesos de la tubería

3.5 Cálculo peso del drill collar.

Esta tubería tiene diámetros desde 3 1/2" hasta 8". [3]

$$P_{TT} = Weight \times Long$$

$$P_{TT} = 26,64 \frac{lb}{ft} \times 31ft = 825,84 lb \quad \text{Para la tubería de 3 1/2"}$$

$$P_{TT} = 150,48 \frac{lb}{ft} \times 31ft = 4664,88 lb \quad \text{Para la tubería de 8"}$$

Ver **ANEXO 2** para los pesos de la tubería

Una vez realizado el cálculo de cada una de la tubería que se desea transportar, nos podemos dar cuenta que la tubería que posee mayor peso es el Drill Collar de 8" con un valor de **4665 lb ó 2.33 ton**, este valor será con el cual partiremos los cálculos de Diseño.

3.6 Diseño del chasis

Se desea diseñar y seleccionar un perfil adecuado, para utilizarlo como chasis del alimentador de tubería y que pueda soportar una carga máxima de 4665 lb y que es el peso máximo a trabajar y está calculada en el numeral 3.5, la longitud del chasis es de 12m, y va a tener 5 apoyos a una distancia de 2,5m, el chasis lo conformaran 2 perfiles separados a una distancia de 0,37m en donde se distribuirá de manera uniforme el peso máximo. [4, 5]

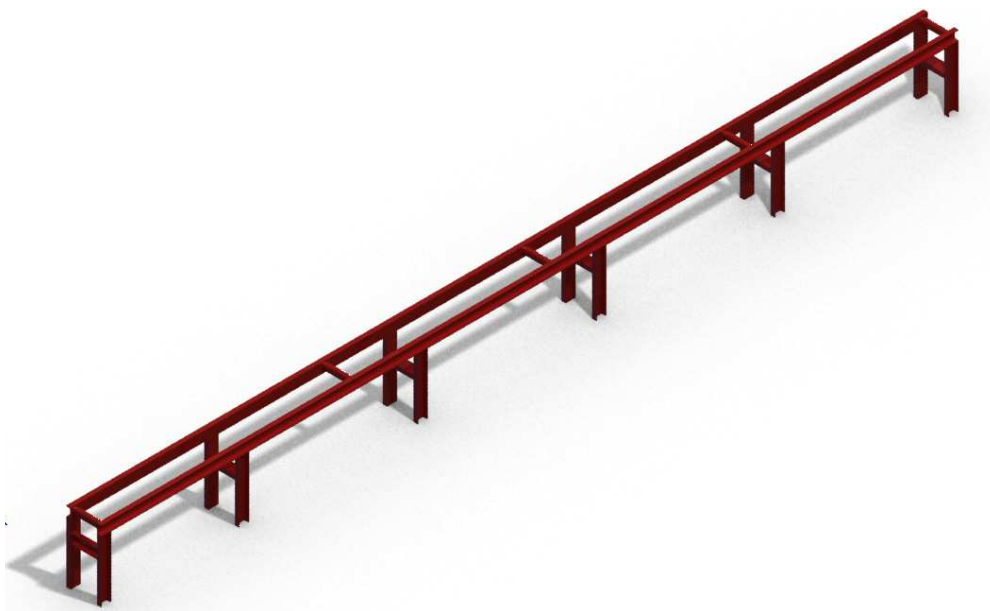


Figura 3.1 Bosquejo del chasis

3.6.1 Análisis para el diseño del chasis

En el chasis se va aplicar una carga fluctuante de 0 a 2333lb, en 4 puntos ubicados a 2,8 m de distancia cada uno, así mismo en la parte intermedia de los apoyos del chasis tiene que soportar la misma carga fluctuante donde se encuentran ubicados los cilindros de levantamiento.

El análisis del chasis por ser una estructura se lo realiza en el SAP 2000 versión 12 que nos proporciona datos reales del comportamiento del chasis.

DATOS

$P_{max.}=2333lb$

Carga Fluctuante

Características del material ver ANEXO 3

Perfil UPN 140

Acero ASTM A 36

$S_y=36000psi$

$S_{ut}=58000psi$

$I_x=14.535in^4$

$C=2.755in$

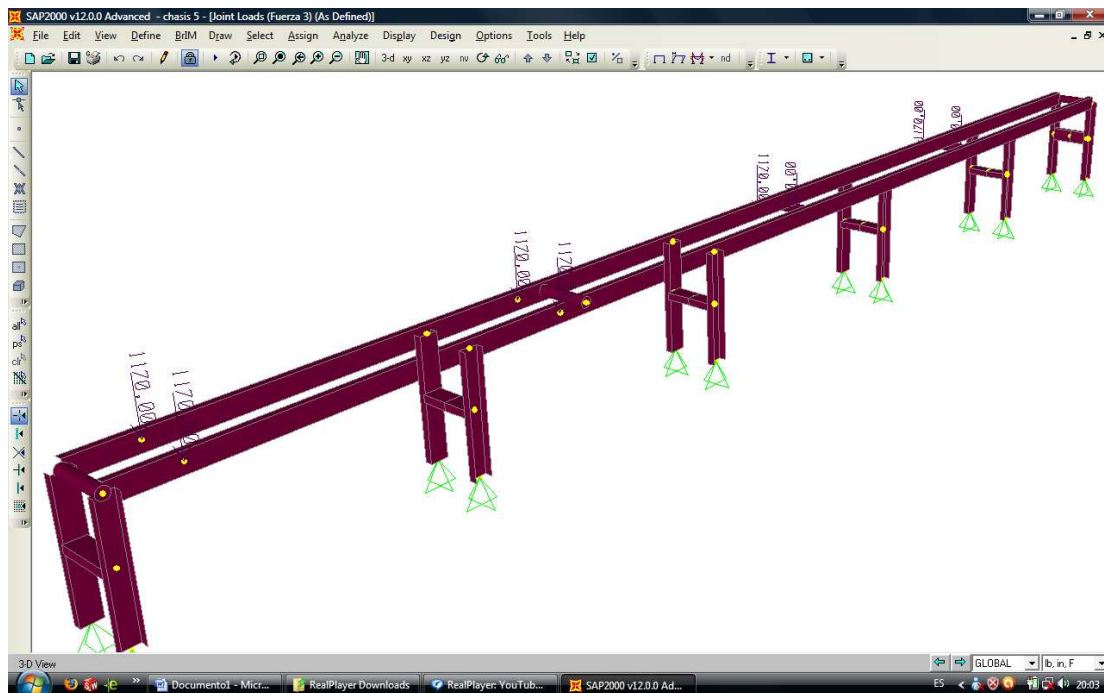


Figura 3.2 Cargas aplicadas en la parte superior del chasis

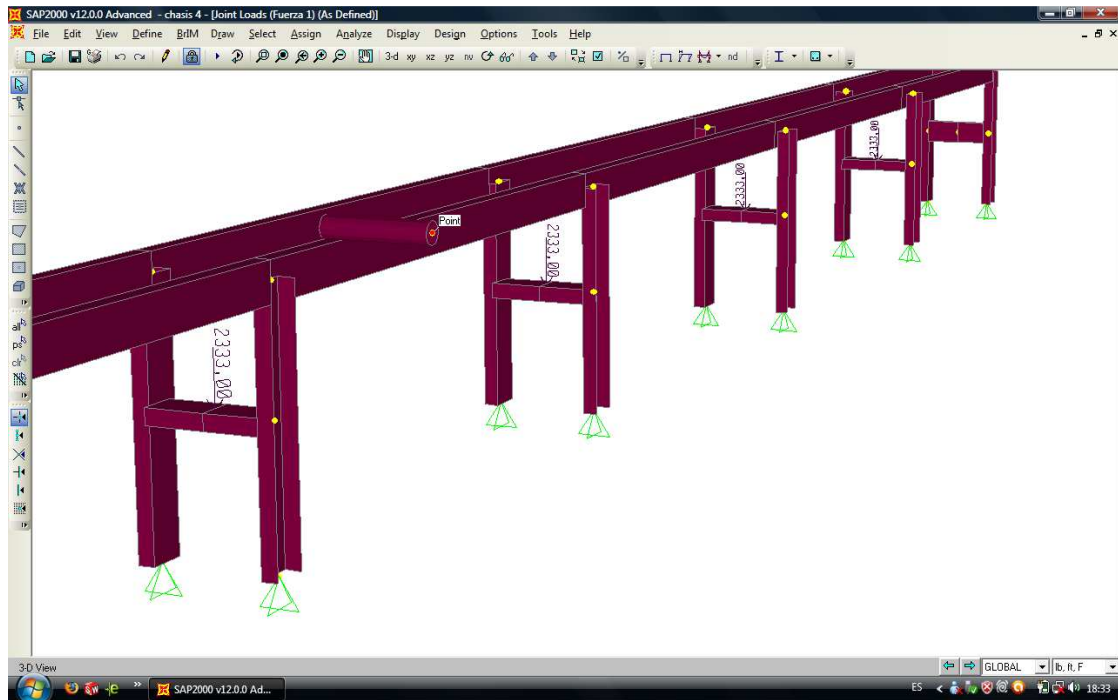


Figura 3.3 Cargas aplicadas en la parte intermedia de los apoyos del chasis

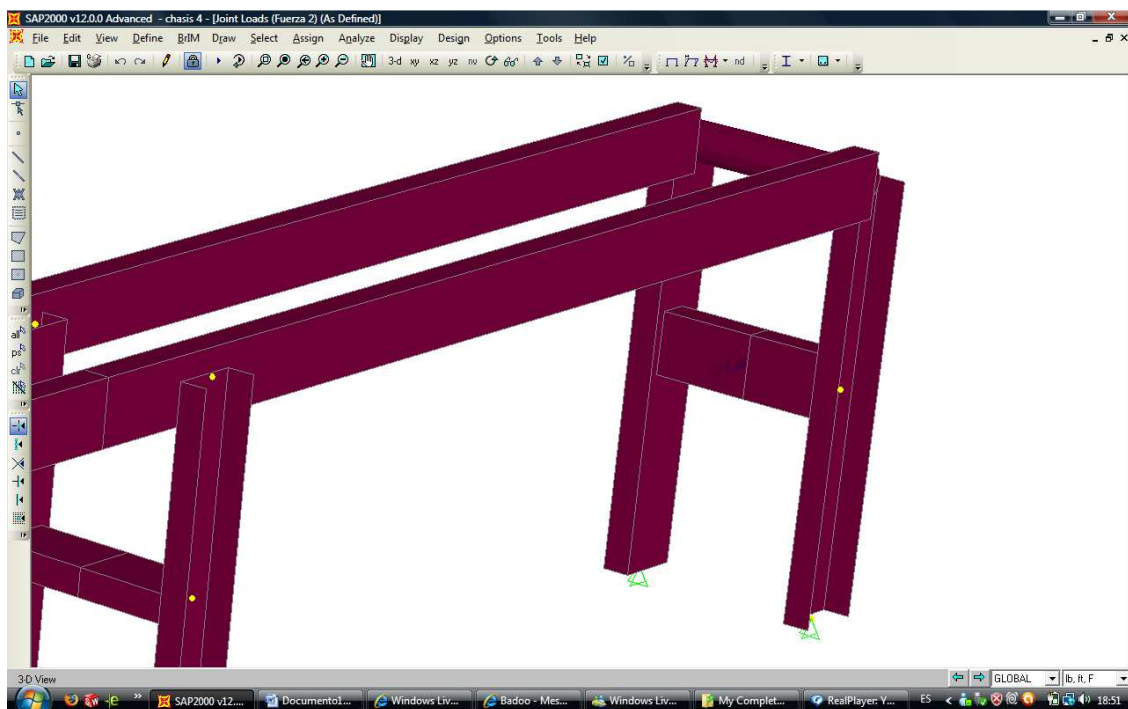


Figura 3.4 Carga aplicada en la parte trasera del chasis

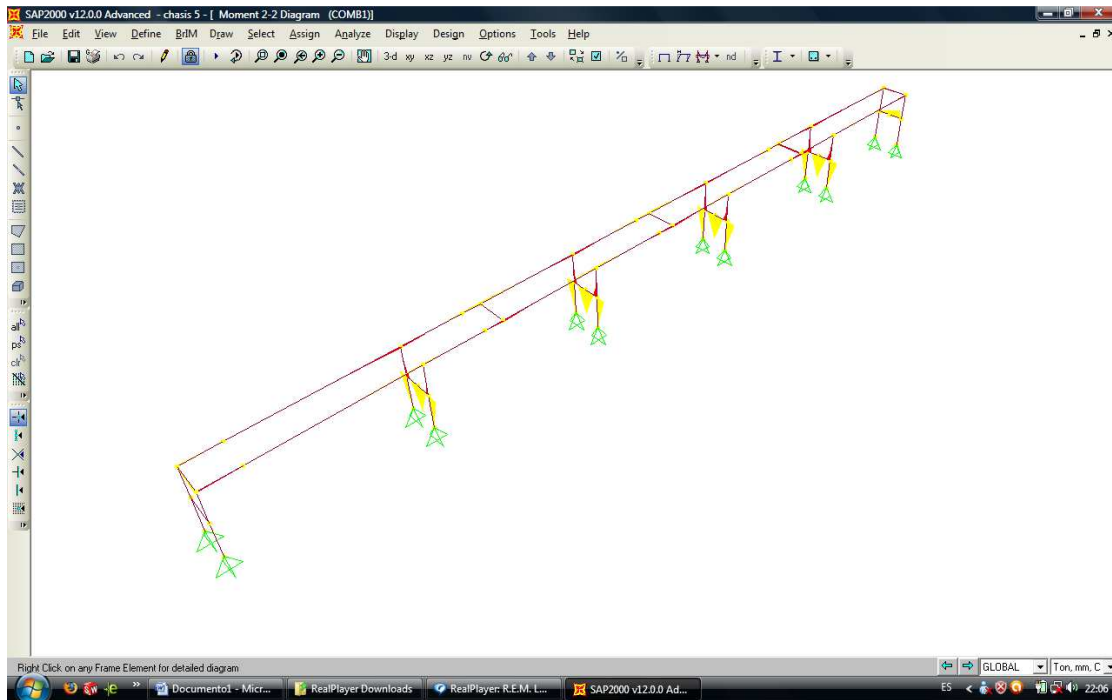


Figura 3.5 Diagramas de momentos en SAP de las cargas aplicadas en la parte inferior del chasis

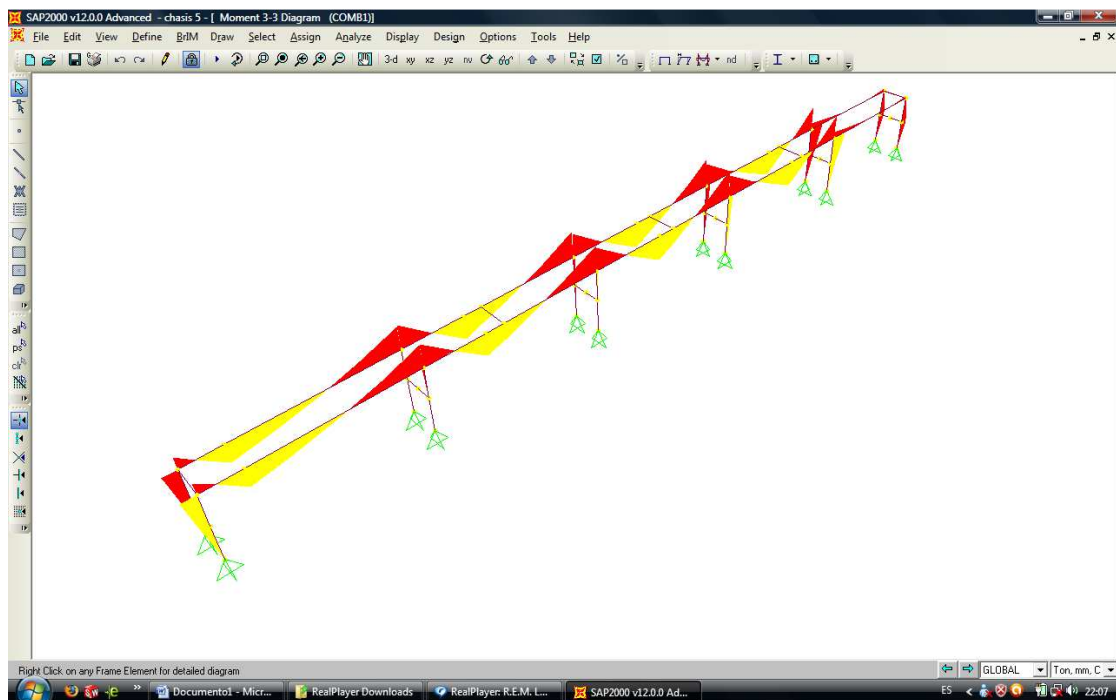


Figura 3.6 Diagramas de momentos de las cargas aplicadas en la parte superior del chasis

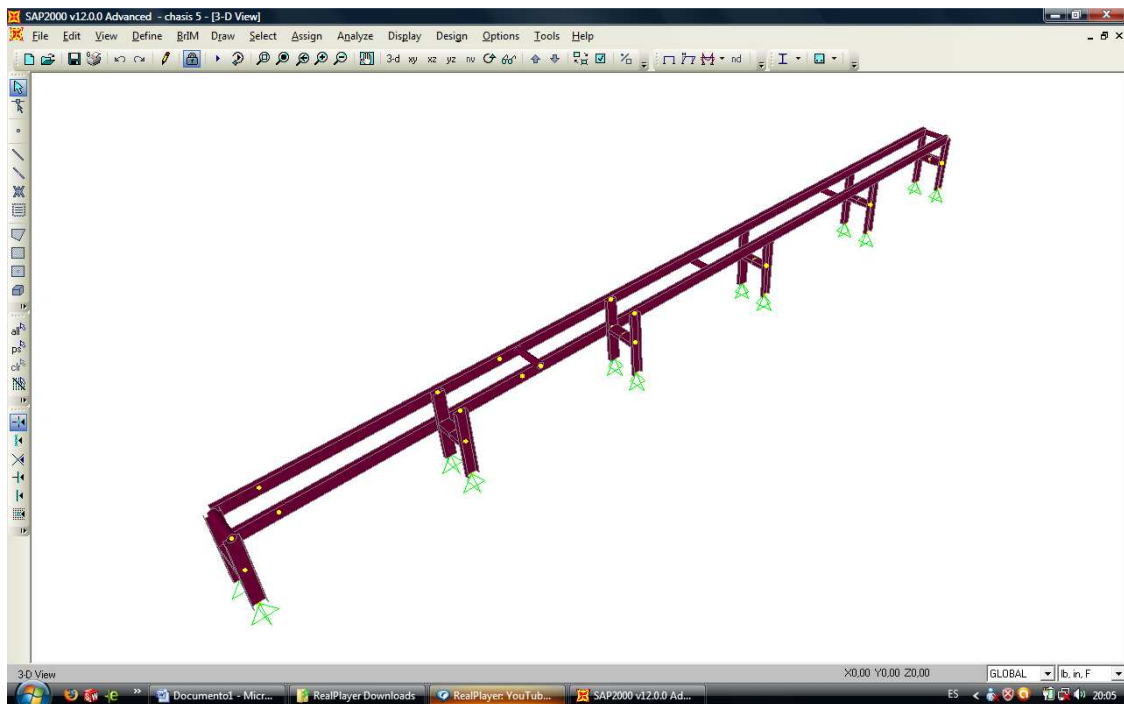


Figura 3.7 Vista isométrica del empotramiento del chasis

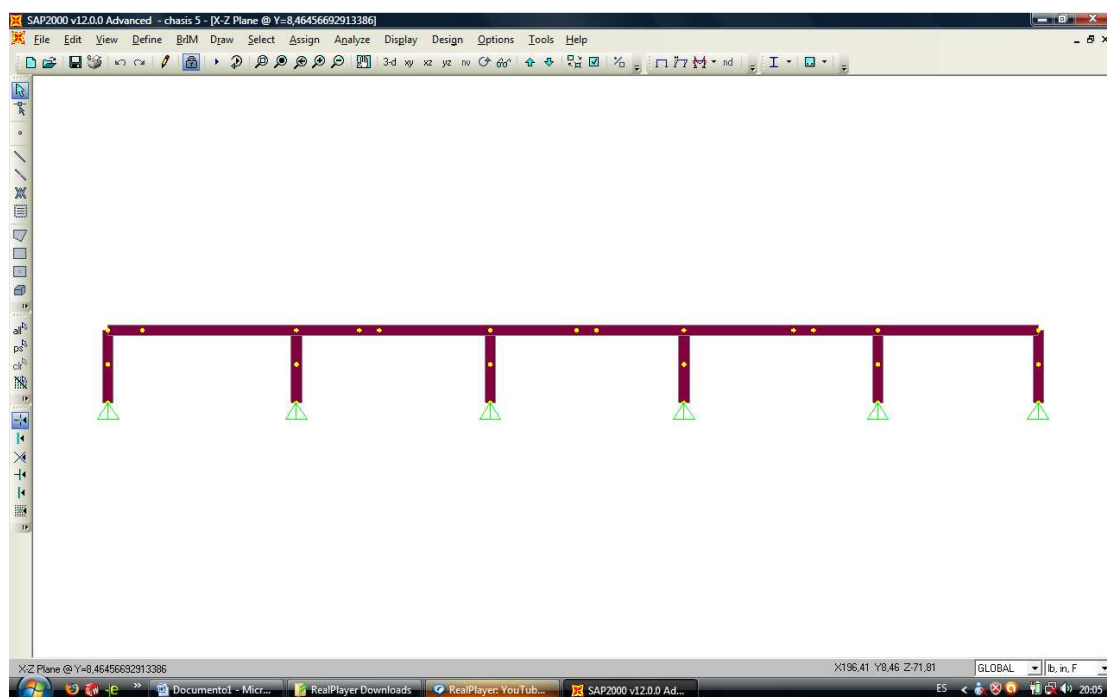


Figura 3.8 Visualización lateral de nodos de las cargas aplicadas

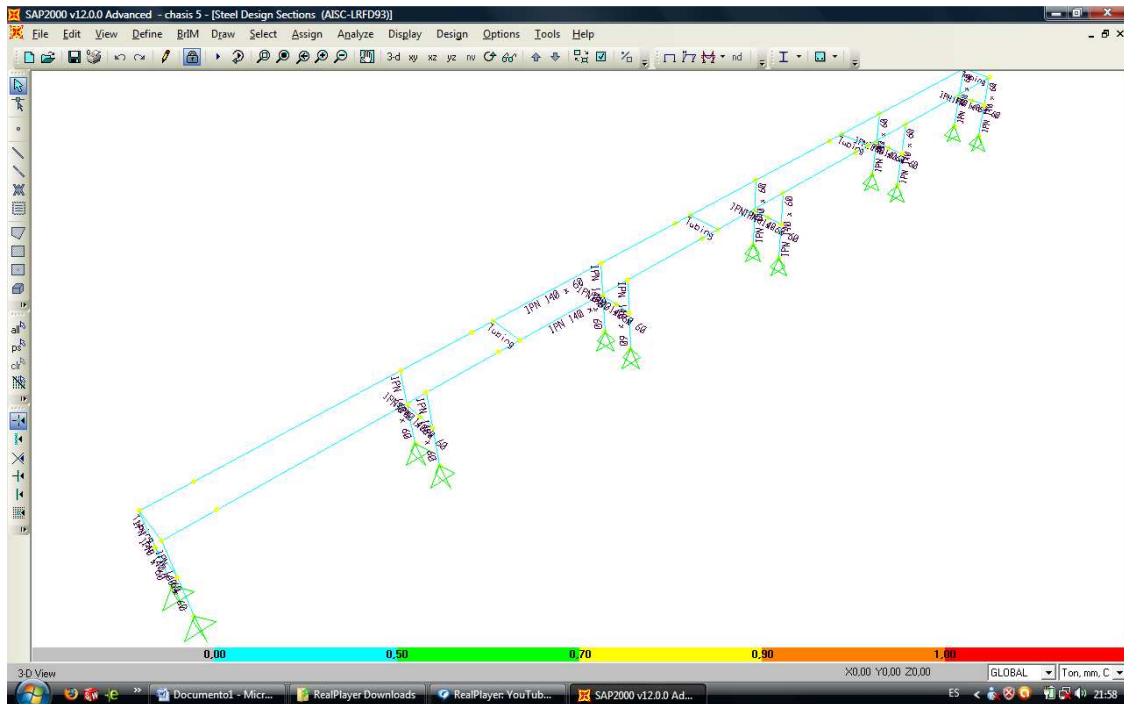


Figura 3.9 Estado tensional del chasis visualizado a través de código de colores correspondiente a las razones de esfuerzo

Como se puede observar en la **figura 3.7**, el chasis diseñado está dentro del rango de aceptabilidad, ya que las razones de esfuerzo están en el rango de 0-1 como se puede apreciar de acuerdo al código de colores que aparece uniforme para todos los elementos con color celeste, lo cual denota que las mismas están en el orden de 0.6.

La gráfica muestra que la estructura del chasis es segura puesto que no llega a los límites de falla ubicados desde los colores tomate a rojo. Así mismo los valores de la deformación no son elevados ya que la deformación en los cálculos no debe exceder el valor de 1.00.

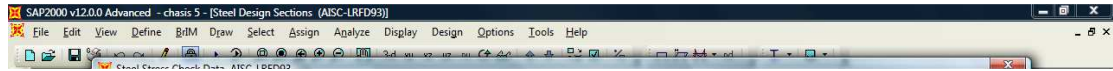


Figura 3.10 Especificaciones generales en SAP del perfil

Figura 3.11 Chasis en estado deformado

ERROR: ioerror
OFFENDING COMMAND: image

STACK: